

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

О. В. Кондращенко, А. А. Баранова

Методичні вказівки

для виконання лабораторних робіт та самостійної роботи
з вивчення курсу

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

(для студентів 1 курсу денної форми навчання освітньо-кваліфікаційного
рівня бакалавр напряму підготовки 6.060102 «Архітектура»
спеціальності «Містобудування»)

ХАРКІВ

ХНАМГ

2010

Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт та самостійної роботи з вивчення курсу «Матеріалознавство» (для студентів 1 курсу денної форми навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр напряму підготовки 6.060102 «Архітектура» спеціальності «Містобудування») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: О. В. Кондращенко, А. А. Баранова. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 66 с.

Укладачі: О. В. Кондращенко,
А. А. Баранова

Рецензент: доц., к.т.н. С. В. Шаповал

Рекомендовано кафедрою технології будівельного виробництва та будівельних матеріалів,
протокол № 2 від 07.10.2009 р.

ЗМІСТ

Стор.

Вступ	4
Лабораторна робота № 1. Визначення фізико-механічних властивостей будівельних матеріалів	6
Лабораторна робота № 2. Природні кам'яні матеріали	20
Лабораторна робота № 3. Лісові матеріали	27
Лабораторна робота № 4. Керамічні матеріали і вироби	34
Лабораторна робота № 5. Випробування цементу	39
Лабораторна робота № 6. Підбір складу важкого бетону	46
Лабораторна робота № 7. Визначення технічних характеристик нафтових бітумів і рулонних матеріалів на їх основі	53
Лабораторна робота № 8 Визначення технічних характеристик лакофарбових матеріалів	60
Список літератури	65

ВСТУП

Матеріалознавство – наука про матеріали, вивчає взаємозв'язок між їхнім складом і властивостями. Теоретичною базою матеріалознавства слугують такі науки, як фізика, хімія, будівельна механіка, геологія тощо.

Зв'язок архітектури з її матеріально-технічною базою багато в чому визначає можливості сучасної архітектури, її перспективи, зумовлює різноманітність нових матеріалів, за допомогою якої архітектор реалізує свої проекти. Проблема підвищення рівня якості будівництва і архітектури безпосередньо пов'язана з підвищенням якості будівельних матеріалів, виробів і конструкцій, впровадженням широкого асортименту нових ефективних матеріалів, які у повній мірі відповідають архітектурно-будівельним вимогам. Тому будівельні матеріали займають важливе місце серед багатьох факторів, які визначають якість сучасного будівництва, архітектурну цінність будівель і споруд і їх техніко-економічні показники.

Метою дисципліни «Матеріалознавство» є ознайомлення студентів з матеріальною основою сучасної архітектурно-будівельної практики для технічно грамотного й економічно доцільного використання матеріалів в сучасному будівництві і при реставраційних роботах.

Дисципліна вирішує наступні завдання:

- навчити поєднувати склад, властивості та структуру матеріалів із прогнозуванням поведінки виробів та конструкцій на їх основі;
- дати знання про основи виробництва конструкційних та оздоблювальних матеріалів;
- навчити надавати перевагу прогресивним матеріалам, які знижують матеріаломісткість конструкцій, забезпечуючи потрібну міцність;
- навчити використовувати матеріали, одержані за енергозберігаючими технологіями, місцеві матеріали або відходи промисловості, з урахуванням екологічних вимог; спеціальні матеріали, які підвищують комфортність приміщень, сприяють збереженню тепла, захищають від шуму;
- застосовувати ефективні шляхи і засоби підвищення довговічності та надійності матеріалів в конструкціях.

Лабораторні роботи дозволяють студентам закріпити теоретичні знання і практично ознайомитися з будівельними матеріалами, методами визначення їх властивостей з метою грамотно робити вибір для їх застосування, або взаємозаміни підчас реконструкції чи реставраційних робіт.

Дані методичні вказівки є збіркою необхідних лабораторних робіт для студентів першого курсу спеціальності 6.120100 «Містобудування» напряму 6.060102 «Архітектура». До методичних вказівок увійшли необхідні методики визначення важливіших властивостей основних видів будівельних матеріалів. Всі методики викладені відповідно до сучасних державних стандартів.

Перед виконанням робіт студент повинен ознайомитися з методикою визначення фізико-технічних властивостей та якості будівельних матеріалів, вивчити теоретичний матеріал за лекціями і підручником, відповісти на контрольні запитання, оформити лабораторний журнал. Отримані результати під час виконання роботи заносять у відповідні таблиці. Кожну роботу захищають у встановленому порядку.

Лабораторна робота № 1

Визначення фізико-механічних властивостей будівельних матеріалів

Властивості матеріалів оцінюють числовими показниками, які встановлюють шляхом випробувань за стандартними методиками. Відповідно до можливих впливів на матеріал властивості класифікують на:

- структурні характеристики або параметри стану матеріалів (істинна, середня, насипна густина, пористість, пустотність тощо);
- фізичні властивості, які визначають відношення матеріалів до фізичних процесів або впливів (водопоглинання, водостійкість, водопроникність, гігроскопічність, морозостійкість, теплопровідність, теплоємність, вогнестійкість, вогнетривкість тощо);
- механічні властивості, що визначають відношення матеріалів до деформаційної та руйнуючої дії механічних навантажень (міцність при стиску, вигині, розтягу, твердість, крихкість, стирання, пружність, пластичність, опір удару, зносостійкість, повзучість);
- спеціальні властивості, що визначають відношення матеріалів до різноманітних специфічних впливах (хімічна, корозійна, біологічна стійкість, газопаропроникність, довговічність тощо);
- технологічні властивості, що визначають придатність матеріалів до різних видів обробки (різання, свердлення, стругання, розпилювання тощо).

Мета роботи – оволодіти методиками визначення основних фізико-механічних властивостей будівельних матеріалів і виробів.

1. Фізичні властивості

1.1. Визначення істинної густини

Густиною (ρ) називають масу одиниці об'єму матеріалу. Щоб визначити густину ρ (кг/м³; г/см³), треба знайти масу матеріалу m (кг; г) і його об'єм V (м³; см³):

$$\rho = \frac{m}{V}, \text{ г/см}^3. \quad (1)$$

Істинною густиною називають густину тієї речовини, з якої складається матеріал. Об'єм матеріалу визначають в абсолютно щільному стані, тобто без пор і пустот V_a .

Обладнання: технічні терези, об'ємомір (прилад Ле Шательє).

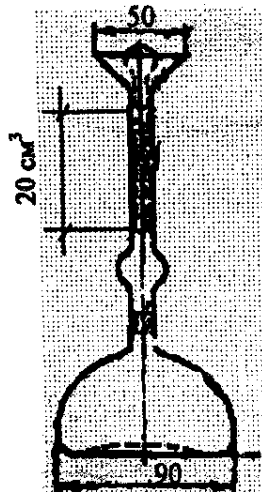


Рис. 1 – Прилад Ле Шательє

Методика визначення істинної густини.

Для наближення матеріалу до абсолютно щільного стану його тонко подрібнюють, щоб можна було зробити припущення, що кожна часточка не має пор. Потім на технічних терезах зважують порцію (m_1) подрібненого матеріалу масою 70 г з похибкою не більше 0,01 г.

У прилад Ле Шательє наливають воду (або іншу інертною до матеріалу рідину) до нижньої позначки. Порошок засипають у прилад невеликими порціями так, щоб рівень рідини піднявся до верхньої позначки. Константою приладу є об'єм між верхньою та нижньою мітками, який дорівнює 20 см^3 . Таким чином визначають об'єм матеріалу, залишок порошку знову зважують (m_2).

Істинну густину матеріалу розраховують за формулою

$$\rho = (m_1 - m_2)/V_a, \quad (2)$$

де m_1 – наважка, г;

m_2 – маса залишку матеріалу, г;

V_a – об'єм матеріалу, який дорівнює константі приладу Ле Шательє, см^3 .

Результати експерименту записують у табл. 1.

Таблиця 1 – Результати визначення істинної густини

№ п/п	Найменування показників, од. виміру	Позначення показника	Значення
Назва матеріалу			
1	Наважка порошку, г	m_1	
2	Маса залишку порошку, г	m_2	
3	Маса порошку, який висипали в об'ємомір, г	$m = m_1 - m_2$	
4	Об'єм порошку за константою приладу, см^3	V_a	
5	Істинна густина матеріалу, г/см^3	$\rho = (m_1 - m_2)/V_a$	

1.2. Визначення середньої густини

Середньою густиною (ρ_o) матеріалу називають густину матеріалу в природному стані, тобто включаючи пори і пустоти.

Обладнання: технічні терези, ваги, лінійка.

1. Методика визначення середньої густини зразків правильної форми.

Метод визначення середньої густини залежить від геометричної форми зразка матеріалу. Зразки матеріалу правильної герметичної форми (куб, паралелепіпед, циліндр тощо) вимірюють і розраховують об'єм за формулою. Потім зразок матеріалу зважують з похибкою не більше 0,1 г (при масі до 500 г) і не більше 1 г (при масі більше 500 г).

Результати дослідів заносять у табл. 2.

Таблиця 2 – Результати дослідів

№ п/п	Найменування показників, од. виміру	Позначення показника	Значення
Назва матеріалу			
1	Геометричні розміри, см	$a \times b \times h$	
2	Маса зразка, г	m	
3	Об'єм зразка, см^3	V	
4	Середня густина матеріалу, г/см^3	$\rho_o = m/V$	

2. Методика визначення середньої густини зразків неправильної форми.

Середню густину неправильної зразків визначають методом гідростатичного зважування або за допомогою об'ємоміра.

Метод гідростатичного зважування заснований на використанні закону Архімеда: на тіло, занурене в рідину, діє виштовхуюча сила, що направлена вгору і величина її така, як вага витиснутої рідини.

Зразок зважують на терезах (m). Після насичення його водою, зразок витирають і зважують на гідростатичних терезах (рис. 2).

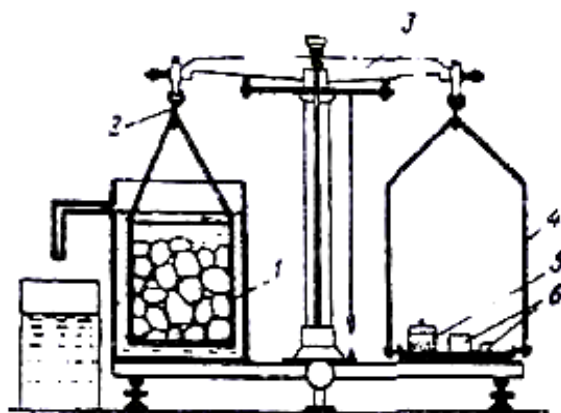


Рис. 2 – Гідростатичні терези

Насичений водою зразок знову зважують у повітрі ($m_{\text{нас}}$), потім його занурюють у склянку 1 з водою і зважують зразок у воді $m_{\text{воді}}$.

Середню густину матеріалу (ρ_0) розраховують за формулою

$$\rho_0 = [m/(m_{\text{нас}} - m_{\text{вод}})]\rho_{\text{вод}}. \quad (3)$$

Об'ємомір використовують при визначенні середньої густини крупних за розміром зразків (масою більше 500 г). Зразок зважують (m_1), парафінують і знову зважують (m_2). В об'ємомір (рис. 3) наливають воду до рівня зливної трубки 1. Під трубку ставлять попередньо зважену склянку (m_3). Зразок на нитці занурюють в об'ємомір. Склянку з водою зважують (m_4).

Маса води (г), витиснутої зразком ($m_4 - m_3$), дорівнює об'єму (см^3) зразка з парафіном ($V_0 + n$), тому що $\rho_{\text{води}} = 1 \text{ г/см}^3$.

Об'єм парафіну визначають за формулою

$$V_o = (m_2 - m_1)/\rho_{\text{п}},$$

де $\rho_{\text{п}}$ – довідкова густина парафіну, $\rho_{\text{п}} = 0,98 \text{ г/см}^3$.

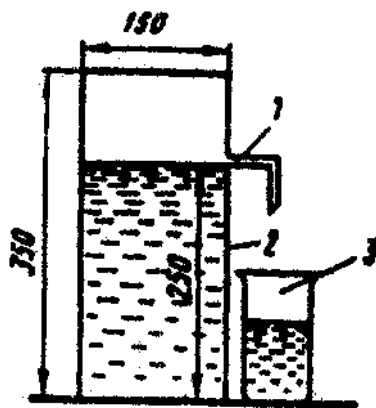


Рис. 3 – Об'ємомір

Густина матеріалу розраховують за формулою

$$\rho_o = m_1/V_o = m_1/[(m_4 - m_3)/\rho_{\text{води}} - (m_2 - m_1)/\rho_{\text{п}}].$$

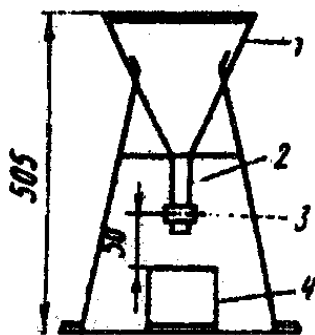
1.3. Визначення насипної густини сипких матеріалів

Насипна густина ($\rho_{\text{нас}}$) – характеристика сипких матеріалів (цемент, пісок, щебінь), коли для розрахунків приймають увесь об'єм, включаючи порожнечу між часточками сипкого матеріалу.

Методика визначення насипної густини матеріалів.

Насипну густину визначають виміром їх об'єму циліндричним посудом ємністю від 1 до 50 л.

Дрібнозернисті матеріали насипають у мірний посуд ємністю 1 л за допомогою стандартної лійки (рис. 4).



1 – корпус, 2 – трубка, 3 – засувка, 4 – мірний циліндр

Під трубку встановлюють попередньо зважений циліндр. Циліндр заповнюють з надлишком, який зрізають лінійкою і зважують.

Насипну щільність знаходять за формулою

$$\rho_{\text{нас}} = (m_2 - m_1)/V, \quad (4)$$

де m_1 – маса циліндра, г;

m_2 – маса циліндра з матеріалом, г;

V – об'єм циліндра, см^3 .

Результати експерименту заносять до табл. 3.

Таблиця 3 – Результати експерименту

№ п/п	Найменування показників, од. виміру	Позначення показника	Значення
Назва матеріалу			
1	Об'єм циліндра, см^3	V	
2	Маса циліндра без матеріалу, г	m_1	
3	Маса циліндра з матеріалом, г	m_2	
4	Маса матеріалу, г	$m = m_1 - m_2$	
5	Середня насипна густина матеріалу, г/см^3	$\rho_{\text{нас}} = (m_1 - m_2)/V$	

1.4. Визначення пористості

Пористість – ступінь заповнення об'єму матеріалу порами.

$$\Pi = [(\rho - \rho_o)/\rho]100. \quad (5)$$

Результати попередніх експериментів заносять до табл. 4.

Таблиця 4 – Дані для визначення пористості

№ п/п	Найменування показників, од. виміру	Позначення показника	Значення
Назва матеріалу			
1	Істинна густина матеріалу, г/см ³	ρ	
2	Середня густина матеріалу, г/см ³	ρ_o	
3	Пористість, %	Π	

1.5. Визначення пустотності сипкого матеріалу

Пустотність – частина одиниці об'єму, що знаходиться між зернами сипкого матеріалу:

$$\Pi = [(\rho - \rho_n)/\rho]100. \quad (6)$$

Результати експерименту заносять до табл. 5.

Таблиця 5 – Дані для визначення пустотності

№ п/п	Найменування показників, од. виміру	Позначення показника	Значення
Назва матеріалу			
1	Істинна густина матеріалу, г/см ³	ρ	
2	Середня насипна густина сипкого матеріалу, г/см ³	ρ_o	
3	Пустотність, %	Π_c	

1.6. Визначення вологості й водопоглинання

Вологість – вміст води в матеріалі в конкретний момент; відноситься до одиниці маси матеріалу в сухому стані. Вологість визначають за формулою

$$W = [(m_1 - m_2)/m_2]100\%, \quad (7)$$

де m_1 – маса матеріалу в природному стані, г,

m_2 – маса висушеного матеріалу, г.

Водопоглинання – здатність матеріалу поглинати воду і утримувати її у своїх порах при безпосередньому контакті з водою. Водопоглинання характеризується максимальною кількістю всмоктаної води віднесено до маси сухого зразка

(водопоглинання за масою W_m^n) або до його об'єму (об'ємне водопоглинення W_v^n).

Водопоглинання W_m^n і W_v^n (%) визначають за формулами

$$W_m^n = [(m_{\text{нас}} - m_{\text{сух}})/m_2]100\%, \quad (8)$$

$$W_v^n = [(m_{\text{нас}} - m_{\text{сух}})/V \times \rho_{\text{води}}]100, \quad (9)$$

де $m_{\text{нас}}$, $m_{\text{сух}}$ – маса матеріалу відповідно у насиченому водою і сухому стані, г;

$\rho_{\text{води}}$ – густина води, г/см³;

V – об'єм матеріалу в сухому стані, см³.

Методика визначення вологості матеріалу.

Зразок матеріалу зважують і висушують при температурі 105...110 °С до постійної маси. Розраховують вологість зразка з похибкою не більше 0,1%. Випробовують два або три зразки, результат приймають як середнє арифметичне отриманих даних.

Методика визначення водопоглинання матеріалу.

Випробування проводять на двох або трьох зразках.

Зразки висушують до постійної маси і записують масу сухого зразка. Потім їх занурюють у воду так, щоб над ними був шар води не менше 2 і не більше 10 см, і витримують деякий час, рекомендований стандартами. Після насичення зразки виймають з води, витирають і зважують. Водопоглинання за масою і об'ємом розраховують за формулами (8), (9). Результати експериментів заносять до табл. 6.

Таблиця 6 – Результати експерименту для визначення водопоглинання

№ п/п	Найменування показників, од. виміру	Позначення показника	Значення
Назва матеріалу			
1	Об'єм зразка, см ³	V	
2	Маса сухого зразка, г	m ₁	
3	Маса зразка насиченого водою, г	m ₂	
4	Вологість, %	W	
5	Водопоглинання за масою, %	W_m^n	
6	Водопоглинання за об'ємом, %	W_v^n	

2. Механічні властивості матеріалів

Механічні властивості матеріалів характеризують їх здатність опиратися впливу зовнішніх механічних сил.


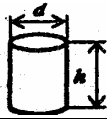
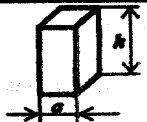
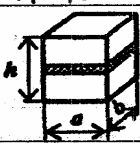
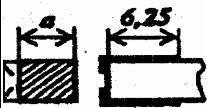
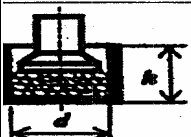
Міцність – здатність матеріалу опиратися внутрішнім напруженням, що виникають внаслідок впливу зовнішніх сил.

Міцність матеріалів характеризується **межею міцності** – максимальним напруженням, що виникає в матеріалі і передує його руйнуванню. Межа міцності визначається дослідами на зразках встановлених розмірів і форми (табл. 7, 8).

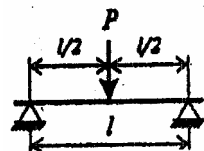
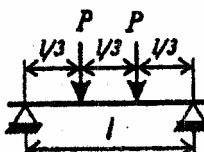
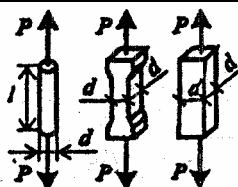
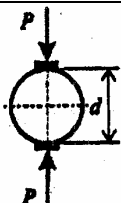
Міцність матеріалу одного і того ж складу залежить від його щільності, а міцність пористих матеріалів – ще й від вологості.

Межу міцності матеріалу визначають не менше як на трьох зразках. Остаточним результатом вважають середнє арифметичне тільки тих показників, що відрізняються один від одного не більше ніж на 15%.

Таблиця 7 – Схеми стандартних методів визначення міцності при стиску

Зразок	Ескіз	Розрахункова формула	Матеріал	Розмір стандартного зразка, см
Куб		$R = \frac{P}{S}$	Бетон Розчин Природний камінь	10 × 10 × 10 15 × 15 × 15 20 × 20 × 20 7,07 × 7,07 × 7,07 5 × 5 × 5
Циліндр		$R = \frac{P}{S}$	Бетон Природний камінь	d = 15; h = 30; d = h = 5; 7; 10; 15 і ін.
Призма		$R = \frac{P}{S}$	Бетон Деревина	a = 10; 15; 20 h = 40; 60; 80 a = 2; h = 3
Складений зразок		$R = \frac{P}{S}$	Цегла	a = 12 b = 12,5 h = 14
Половина зразка-призми, виготовленого з цементно-піщаного розчину		$R = \frac{P}{S}$	Цемент	a = 4 S = 25 см ²
Проба щебеню (гравію) у циліндрі		$D_p = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$	Великий заповнювач для бетону	d = 15; h = 15

Таблиця 8 – Схеми стандартних методів визначення міцності при вигині й розтягу

Зразок	Ескіз	Розрахункова формула	Матеріал	Розмір стандартного зразка, см
1	2	3	4	5
Випробування на вигин				
Призма, цегла		$R_{\text{виг}} = \frac{3Pl}{2bh^2}$	Цемент	$4 \times 4 \times 16$
			Цегла	$12 \times 6,5 \times 25$
Призма		$R_{\text{виг}} = \frac{Pl}{bh^2}$	Бетон	$15 \times 15 \times 15$
			Деревина	$2 \times 2 \times 30$
Випробування на розтягування				
Стрижень, вісімка, призма		$R_p = \frac{4P}{\pi d^2}$ $R_p = \frac{P}{a^2}$	Бетон	$5 \times 5 \times 50$ $10 \times 10 \times 80$
			Сталь	$d = 1$ $l = 5; l > 10d$
Циліндр		$R_p = \frac{2P}{\pi dl}$	Бетон	$d = 15$

2.1. Визначення межі міцності при стиску

При випробуваннях використовують гідравлічні преси з максимальним зусиллям 10 т; 100 т. Граничне навантаження знімають за показаннями фіксуючої стрілки манометра. Руйнуюче зусилля визначають за тарировочними таблицями, що додаються до преса. Межу міцності при стиску розраховують за формулою

$$R = \frac{P}{S}, \quad (10)$$

де P – руйнуюче зусилля, кг;

S – площа зразка, см^2 .

Результати експерименту заносять до табл. 9. Зарисовують схему випробувань.

Таблиця 9 – Результати експерименту для визначення межі міцності при стиску

№ п/п	Найменування показників	Позначення показника	Значення
Назва матеріалу			
1	Розміри зразка, см		
	довжина	l	
	ширина	b	
	діаметр	d	
	висота	h	
2	Площа перерізу, см ²	S	
3	Руйнівна сила, Н (кг)	P	
4	Межа міцності при стиску, кг/см ² ; МПа	$R = \frac{P}{S}$	

2.2. Визначення межі міцності при вигині

При випробуваннях на вигин використовують преси малої потужності із спеціальними пристроями для встановлення зразків і передачі навантаження, або автоматичну машину МП-100. При використанні машини МП-100 значення межі міцності встановлюють за лічильником без додаткових розрахунків. Результат випробування фіксують у одиницях виміру напруження – кгс/см² (1 кгс/см² = 0,1 МПа). Розрахунок межі міцності при вигині виконують за формулою

$$R_{\text{виг}} = \frac{3Pl}{2bh^2}, \quad (11)$$

де P – руйнуюче зусилля, кг;

l – відстань між опорами, см;

b, h – ширина і товщина зразка, см.

Результати експерименту заносять у табл. 10. Зарисовують схему випробувань.

Таблиця 10 – Результати експерименту для визначення межі міцності при вигині

№ п/п	Найменування показників	Позначення показника	Значення
Назва матеріалу			
1	Розміри зразка, см		
	ширина	b	
	висота	h	
2	Відстань між опорами, см	l	
3	Руйнівна сила, Н (кг)	P	
4	Межа міцності при вигині; МПа	R _{виг}	

2.3. Визначення величини опору удару

Опір удару – властивість матеріалу опиратися руйнуванню під впливом одно- або багатократно миттєво прикладених механічних зусиль. Міцність матеріалу характеризується роботою удару, що руйнує матеріал, або питомою роботою вантажу $A_{уд}$, що приходить на одиницю об'єму, і визначається за формулою

$$A_{уд} = \frac{m(1 + 2 + 3 \dots + n)}{V} \times 10^3 \text{ (Дж/м}^3\text{)}, \quad (12)$$

де m – маса вантажу копра, кг;

n – кількість ударів до руйнування;

V – об'єм зразка, см³.

На удар випробують зразки-циліндри діаметром і висотою 25 мм. Випробування проводять на копрі. Маса вантажу копра становить 2 кг.

Удари (перший – з висоти 1 см, другий – 2 см, третій – 3 см і далі до руйнування зразка) наносять у центр верхньої площини зразка. Показником опору є порядковий номер удару, що передуює руйнуванню.

Результати експерименту заносять до табл. 11.

Таблиця 11 – Результати експерименту для визначення опору удару

№ п/п	Найменування показників, од. виміру	Позначення показника	Значення
Назва матеріалу			
1	Розміри зразка, см		
	діаметр	d	
	висота	h	
2	Об'єм зразка, см ³	V	
3	Кількість ударів	n	
4	Робота, Дж/м ³	A	

2.4. Визначення величини опору стиранню

Стирання показує стійкість матеріалу до абразивного зношування і оцінюється втратами маси матеріалу, віднесеними до одиниці його площі, або зменшенням товщини зразка.

Методика випробувань на стирання

Кам'яні матеріали (бетон, розчини, природний камінь, керамічну плитку) випробують на кругах стирання з використанням абразивних порошків (наприклад, пісок). Для випробувань готують два зразки – куби з ребром 70 мм. Їх зважують з похибкою не більше 0,1 г і визначають площу, яка буде стиратися. Цикл випробування складає 560 обертів. Стиранність знаходять за формулою

$$I = (m - m_1)/S, \quad (13)$$

де m – маса зразка до стирання, г;

m_1 – маса зразка після стирання, г;

S – площа стирання, см².

Результати експерименту заносять до табл. 12.

Таблиця 12 – Результати експерименту для визначення стирання

№ п/п	Найменування показників, од. виміру	Позначення показника	Значення
Назва матеріалу			
1	Площа зразка, см^2		
2	Маса зразка до стирання, г	S	
3	Маса зразка після стирання, г	m	
4	Площа стирання, см^2	m_1	
5	Стиранність за масою, г/см^2	Cm_m	
6	Стиранність за об'ємом, см	Cm_o	

Контрольні запитання

1. У чому різниця дійсної щільності від середньої? Який показник більше?
2. На які властивості впливає пористість?
3. Від чого залежить міцність матеріалів?
4. Які матеріали добре працюють на стиск; на вигин?
5. Які матеріали добре витримують стирання?
6. Наведіть методики визначення дійсної, середньої і насипної щільності матеріалів; обладнання, що використовуються, розрахункові формули.
7. Як розраховують пористість, пустотність, вологість, водопоглинання?
8. Наведіть методики визначення межі міцності при стиску, вигині.
9. Як визначають опір удару і стиранність матеріалу?

Лабораторна робота № 2

Природні кам'яні матеріали

Природними кам'яними матеріалами називають матеріали і вироби, які одержують механічною обробкою (подрібненням, розколюванням тощо) гірських порід, не змінюючи їхньої природної структури та властивостей.

Гірською породою називають мінеральну масу, яка складається з одного або декількох мінералів. Мінерал – речовина, утворена в результаті фізико-хімічних процесів у земній корі; характеризується певним хімічним складом, однорідною будовою і фізичними властивостями.

Для вивчення гірських порід їх поділяють на окремі групи. Найбільш поширеною є класифікація гірських порід за походженням, або генетична (рис. 1).

Мета роботи – ознайомитися з колекцією гірських порід, описати фізико-технічні характеристики і вказати можливі області використання їх у будівництві.

Для виконання роботи необхідно самостійно або за допомогою викладача вибрати три зразки гірських порід, бажано різного походження, і зробити опис їх зовнішніх ознак та властивостей, які можна знайти у підручниках, довідниках або в допоміжній табл. 2. Завершення опису повинне мати рекомендацію про застосування цих гірських порід (табл. 3). Всі дані про гірську породу треба занести до табл. 1.

Таблиця 1 – Опис зовнішніх ознак і властивостей гірських порід

Характеристика	Назва породи		
Класифікація			
Хімічний і мінералогічний склад			
Структура (кристалічна, порфірова, скловидна, зерниста тощо)			
Колір (світлі або темні)			
Блиск (скляний, перламутровий, жирний, тьмянний, матовий тощо)			
Твердість (за шкалою Мооса)			
Текстура (щільна, сланцювата, шарувата, лускоподібна, волокниста, пориста, ніздрювата, землиста тощо)			
Середня густина, кг/м ³			
Пористість, %			
Межа міцності, МПа			

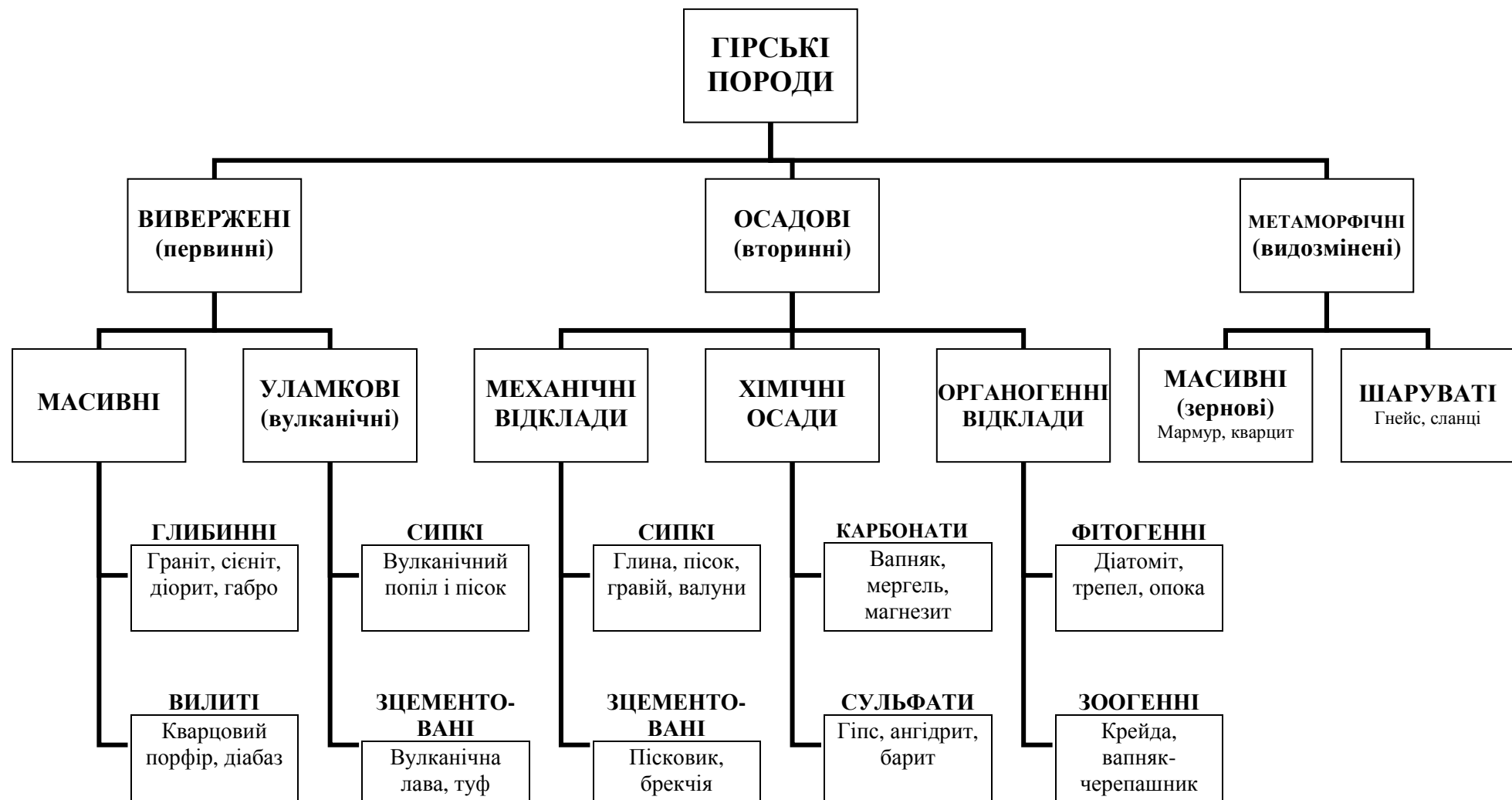


Рис. 1 – Генетична класифікація гірських порід

Таблиця 2 – Характеристика найголовніших гірських порід

Порода	Середня густина, кг/м ³	Границя міцності при сти-ску, МПа	Головні мінерали	Структура, текстура	Колір	Застосування
1	2	3	4	5	6	7
<i>Вивержені породи</i>						
Граніт	2600...2800	100...250	Кварц, ортоклаз, біотит, мусковіт	Дрібно-, середньо-, крупнозерниста, порфірова	Сірувато-білий, темно-сірий, червонуватий, сіро-зелений, синьо-зелений	Зовнішнє і внутрішнє облицювання, мостовий камінь, тротуарні плити, щебінь, східці
Сієніт	2600...2800	150...220	Ортоклаз, авгіт, рогова обманка	Зазвичай середньозерниста, рідше дрібнозерниста	Сірий, сіро-зеленуватий, червонуватий, червоний	Зовнішнє облицювання, мостовий камінь
Діорит	2800...3000	150...300	Ортоклаз, авгіт, рогова обманка, біотит	Середньозерниста, дрібнозерниста, рідше – крупнозерниста	Темно-сірий з зеленим відтінком	Облицювальний камінь, дорожнє будівництво
Габро	2900...3200	200...400	Авгіт, рогова обманка, олівін	Середньозерниста, дрібнозерниста, рідше – крупнозерниста	Темно-сірий до чорного	Зовнішнє облицювання, дорожні покриття, гідротехнічні споруди
Лабрадорит	2900...3100	130...250	Лабрадор	Крупнозерниста	Чорний з переливами блакитного, синього, іноді золотавого кольорів	Зовнішнє і внутрішнє облицювання, внутрішні сходи і площадки, підлоги
Андезит	2200...2700	60...240	Ортоклаз, авгіт, рогова обманка, біотит	Щільна, пориста з украленнями	Сірий, бурий, чорний	Кислототривкі вироби, щебінь
Діабаз	2700...2900	200...400	Авгіт, рогова обманка, лабрадор	Приховано кристалічна, дрібнокристалічна	Сірий, зеленувато-сірий, зелений	Гідротехнічні споруди, кислототривкі та жаростійкі облицювання і кладка, дорожнє будівництво
Базальт	2800...3300	100...500	Авгіт, рогова обманка, олівін	Приховано кристалічна, дрібнокристалічна, склоподібна	Темно-сірий до чорного	Зовнішнє облицювання, зовнішні сходи і площадки, дорожні покриття, гідротехнічні споруди, кислототривкі та жаростійкі облицювання і кладка, плавлені вироби

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
Вулканічний туф	700...1400	5...15	Аморфний кремнезем	Склоподібна	Сірий, рожевий до фіолетового, коричневий, чорний	Укладання стін, зовнішнє і внутрішнє облицювання, заповнювач для легких бетонів, активна мінеральна добавка
Перліт	920...2400	25...100	Аморфний кремнезем	Склоподібна	Сірий, сірувато-блакитний	Виготовлення пористих заповнювачів
<i>Осадкові породи</i>						
Пісковик	1900...2800	100...250	Кварц, кальцит, польовий шпат	Дрібно- і тонкозерниста	Білий, жовтий, сірий, буруватий	Укладання фундаментів, стін, зовнішнє облицювання, виготовлення буту, щебеню, дорожні покриття, гідротехнічні споруди, кислотривкі вироби
Доломіт	2500...2900	100...150	Доломіт, магнезит	Приховано кристалічна	Жовтувато-білий, буруватий	Виробництво в'язучих речовин, вогнетривів, теплоізоляційних виробів, скла, буту, щебеню
Магнезит	2900...3000	120...200	Магнезит	Приховано кристалічна	Світло-сірий	Виготовлення каустичного магнезиту, вогнетривких виробів
Вапняк щільний	1800...2600	10...150	Кальцит, доломіт	Щільна безладно зерниста	Білий, сірий до чорного, жовтуватий, бурий	Виготовлення портландцементу, вапна, щебеню, внутрішнє облицювання
Вапняк-черепашник	800...1800	0,4...15,0	Кальцит, кремнезем	Пориста	Білий, сірий, жовтуватий	Внутрішнє облицювання, укладання стін, заповнювач для легкого бетону, виготовлення вапна, портландцементу
Гіпс	2000...2200	20...30	Гіпс	Зернистокристалічна	Білий, жовтий, сірий	Виготовлення в'язучих речовин, внутрішнє облицювання, скульптурні роботи
Ангідрит	2800...2900	60...80	Ангідрит	Зернистокристалічна	Блакитно-білий, сірий	Виготовлення в'язучих речовин, внутрішнє облицювання

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
Діатоміт	400...1200	2...5	Аморфний кремнезем	Аморфна	Білий, жовтуватий	Активна мінеральна добавка, виготовлення теплоізоляційних виробів, легкої цегли
Трепел	350...800	2...3	Аморфний кремнезем	Аморфна	Білий, сірий	Активна мінеральна добавка, виготовлення теплоізоляційних виробів, легкої цегли
Метаморфічні породи						
Гнейс	2400...2700	60...250	Ортоклаз, кварц, біотит, мусковіт	Сланцювата	Сірий до червонуватого	Укладання фундаментів, бутова кладка, мостіння доріг
Глинистий сланець	2600...2700	50...240	Гідрослюда, монтморилоніт, каолініт, кварц	Тонкосланцювата	Сірий до чорного	Влаштування покрівлі, виготовлення пористих заповнювачів для бетону
Мармур	2600...2800	50...300	Кальцит, доломіт	Дрібно-, середньо-, крупнозерниста, щільна	Білий, сірий, жовтуватий, блідо-рожевий, червоний, бурий, зеленуватий, чорний	Внутрішнє облицювання, виготовлення монументів, декоративно-художніх виробів, заповнювач для декоративних бетонів
Кварцит	2650...3000	100...500	Кварц, халцедон, опал	Дрібнозерниста, щільна	Білий, жовтий, сірий, від рожевого до темно-вишневого	Зовнішнє облицювання, під фермове каміння, виготовлення вогнетривких виробів, бутовий камінь, щебінь

Таблиця 3 – Области застосування гірських порід

Области застосування	Вид матеріалів та виробів	Гірські породи, які рекомендуються
Укладання стін	Каміння та блоки	Пористі вапняки, опоки, вулканічні туфи, у яких середня густина не більше 2100 кг/м ³ ; коефіцієнт розм'якшення не менше 0,6
Зовнішнє облицювання	Каміння і плити, архітектурно-будівельні вироби	Граніти, сієніти, габро, щільні вапняки
Внутрішнє облицювання	Каміння і плити, архітектурно-будівельні вироби	Мармури, пористі вапняки (травертин, черепашник), вулканічні туфи
Покриття підлоги	Поліровані або шліфовані плити	Граніт, сієніт, лабрадорит, мрамур
Дорожнє будівництво	Бордюрний камінь, камінь для брукування (брущатка, шашка), тротуарні плити	Граніт, діорит, габро, базальт
Гідротехнічні споруди	Каміння колоте й пиляне, щебінь, гравій	Граніти, сієніти, діабаз
Футерування апаратів та установок, які зазнають дії кислот, лугів, солей, агресивних газів	Тесані плити, цегла, бруски, фасонні вироби потрібної форми, щебінь	Для захисту від дії кислот: граніт, сієніт, базальт, андезит, кварцит, а від дії лугів: щільні вапняки, доломіти, магнезити, мармури. Для жаростійких облицювань: базальт, діабаз, вулканічні туфи
Заповнювачі для важких бетонів та розчинів	Щебінь, гравій, пісок	Граніт, сієніт, діорит, базальт, кварцит, щільні вапняки, кварц
Заповнювачі для легких бетонів	Щебінь, пісок	Пористі вапняки, опоки, вулканічні туфи, пемза
Сировина для виробництва штучних виробів і матеріалів	Скло, кераміка, мінеральні в'язучі	Глинисті породи, діатоміти, трепел, пісок, вапняки, гіпс, магнезит, доломіт

Контрольні запитання

1. Що називають мінералом?
2. Що називають гірською породою?
3. Наведіть генетичну класифікацію гірських порід.
4. Як утворилися магматичні, осадові, метаморфічні гірські породи?
5. Де можна застосовувати вивержені глибинні і вилиті гірські породи?
6. Які гірські породи відносять до групи осадових порід?
7. Де можна застосовувати механічні осадові породи?
8. Які вироби виготовляють з гірських порід?
9. Яким чином захищають вироби й деталі з гірських порід від руйнування?

Лабораторна робота № 3

Лісові матеріали

Ділова будівельна деревина – звільнена від кори, крони й коріння тканина волокон, що знаходиться у стовбурі дерева.

Ріст деревини, що відбувається у весняний і літній періоди року, припиняється восени. Утворений у період росту новий шар деревини складається із клітин, що з'явилися навесні (великих й пористих) – вони мають низьку механічну міцність, і клітин, що утворилися влітку (дрібних, щільних, з товстими стінками) – більш міцні. Колір літньої деревини темніше через більшу щільність клітин, така деревина називається пізньою.

Стовбур становить головну частину дерева. Макроструктуру стовбура розглядають у трьох напрямках: поперечному (перпендикулярній осі стовбура), радіальному (що проходить через вісь стовбура) і тангенціальному (що йде в площині осі стовбура, на деякій відстані від неї). На поперечному розрізі стовбура розрізняють такі основні частини: кору, луб, камбій, власне деревину (що складається із заболоні і ядра) і стрижень.

Вивчення макроструктури дає змогу встановити основні ознаки деревини, визначити її породу й прогнозувати фізико-механічні та інші властивості.

Мета роботи – визначення основних властивостей деревини і вивчення її мікроструктури.

1. Фізичні властивості деревини

1.1. Визначення вологості деревини

Вологість деревини визначають у відсотках по відношенню до маси сухого зразка. Стандартна вологість деревини прийнята 12%.

Вологість, якої набуває деревина внаслідок тривалого перебування на повітрі із сталими температурою та вологістю, називають рівноважною вологістю. Кожному поєднанню температури і вологості повітря даної породи деревини від-

повідас певна її гігроскопічна вологість. Для визначення рівноважної вологості користуються номограмою, розробленою М. М. Чулицьким.

Обладнання – гігрометр психометричний ВІТ-1.

Результати визначення вологості деревини треба занести до табл. 1.

Таблиця 1 – Параметри для визначення вологості деревини

№ п/п	Найменування показників, одиниці виміру	Позначення показника	Значення
Порода деревини			
1	Середня температура повітря у приміщенні, °С	$t_{\text{сух}}$	
2	Показання «вологого» термометра, °С	$t_{\text{вл}}$	
3	Середня відносна вологість повітря у приміщенні, %	$W_{\text{пов}}$	
4	Вологість деревини, %	$W_{\text{дер}}$	

1.2. Визначенні середньої густини

Метод визначення середньої густини деревини залежить від геометричної форми зразка матеріалу. Зразок деревини правильної герметичної форми (куб, паралелепіпед, циліндр тощо) вимірюють і розраховують об'єм за відповідною формулою. Потім зразок зважують з похибкою не більше 0,1 г.

Результати дослідів заносять у табл. 2.

Таблиця 2 – Результати дослідів

№ п/п	Найменування показників, одиниці виміру	Позначення показника	Значення
Порода деревини			
1	Геометричні розміри зразка, см	$a \times b \times h$	
2	Об'єм зразка, см ³	V	
3	Маса зразка, г	m	
4	Вологість деревини, %	$W_{\text{дер}}$	
5	Коефіцієнт перерахунку з табл. 3	K_{12}^w	
6	Середня густина деревини під час випробування, г/см ³	ρ_w	
7	Середня густина деревини при 12% вологості, г/см ³	$\rho_{12}^w = \frac{\rho_w}{K_{12}^w}$	

Таблиця 3 – Коефіцієнти перерахунку K_{12}^w

Вологість, %	Коефіцієнт перерахунку K_{12}^w	
	Біла акація, береза, бук, граб, ялиця	Інші породи деревини
5	0,980	0,972
6	0,983	0,977
7	0,986	0,981
8	0,989	0,985
9	0,992	0,989
10	0,995	0,993
11	0,997	0,996
12	1,000	1,000
13	1,002	1,004
14	1,005	1,007
15	1,007	1,010
16	1,009	1,014
17	1,011	1,017
18	1,013	1,020
19	1,014	1,023
20	1,016	1,026
21	1,018	1,029
22	1,019	1,031
23	1,020	1,034
24	1,021	1,036
25	1,022	1,039
26	1,023	1,041
27	1,024	1,043
28	1,025	1,046
29	1,025	1,048
30	1,026	1,050

1.3. Визначення міцності деревини за відсотком пізньої деревини

Річні шари деревини складаються з ранньої та пізньої деревини, яка є більш щільною й міцнішою. Чим більше утворилося пізньої деревини, тим вища і механічна міцність деревини. Для визначення відсотку пізньої деревини на поперечному розрізі зразка в радіальному напрямі треба накреслити лінію І, довжиною 20 мм. Потім у кожному річному шарі виміряти ширину пізньої деревини a , з

точністю до 0,1 мм. Величину відсотків пізньої деревини підрахувати за формулою

$$m = \frac{\sum a_i}{l} \times 100\%, \quad (1)$$

де a_i – загальна ширина пізніх зон, мм;

l – довжина лінії, мм.

Результати визначення числа річних шарів в 1 см і відсоток пізньої деревини занести до табл. 4.

Таблиця 4 – Вміст пізньої деревини

Порода деревини	Число річних шарів n , шт.	Довжина лінії l , мм	Загальна ширина пізніх зон $\sum a_i$, мм	Вміст пізньої деревини, %

Залежність між відсотковим вмістом пізньої деревини і границями міцності при стиску і вигині визначають формулою

$$\sigma = C \times m + D, \quad (2)$$

де σ – межа міцності при стиску вздовж волокон або вигині при нормальній (12%) вологості, МПа;

m – вміст пізньої деревини, %;

C , D – коефіцієнти, що залежать від породи деревини і виду зовнішніх навантажень (табл. 5).

Таблиця 5 – Значення коефіцієнтів C і D

Вид зовнішніх навантажень	Значення «С», МПа		Значення «Д», МПа	
	дуб	смерека	дуб	смерека
Стиск уздовж волокон	0,32	0,6	29,45	30,0
Статичний вигин	0,73	1,4	47,50	56,0

Результати визначення міцності деревини занести до табл. 6.

Таблиця 6 – Результати для визначення міцності деревини

№ п/п	Найменування показників, од. виміру	Позначення показника	Значення
Порода деревини			
1	Вміст пізньої деревини, %	m	
2	Межа міцності при стиску, МПа	$\sigma_{\text{ст}}$	
3	Межа міцності при вигині, МПа	$\sigma_{\text{виг}}$	

1.4. Різновиди вад деревини

Сорт деревини, її якість встановлюють головним чином на підставі наявності вад деревини. Результати огляду заносять до табл. 7. Опис вад виконують, користуючись табл. 8.

Таблиця 7 – Вади зразка деревини

Групи вад	Опис	Малюнок

Таблиця 8 – Різновиди вад деревини

Групи вад	Основні типи	Причини вад
1	2	3
Тріщини (розриви деревини вздовж волокон)	Мітик	Виникають в дереві, що росте, і збільшуються в зрубаному дереві при висиханні
	Відлупина	Спричинюється морозом
	Морозні тріщини	
	Тріщини всихання	Утворюються при висиханні
Хімічні забарвлення	Гнилизна	Виникають внаслідок хімічних та біохімічних процесів окиснення дубильних речовин, спричинених життєдіяльністю грибів
	Грибні забарвлення	
Сучки (частини гілок)	Здорові зрощені	Утворюються в період росту дерева
	Незрощені	
Пошкодження комахами (червоточина)	Поверхневі	Ходи й отвори, пророблені комахами
	Неглибокі	
	Глибокі	
	наскрізні	

1	2	3
Вади будови деревини	Нахил волокон – відхилення наряду волокон від повздожньої осі колоди або пиломатеріалів	Неправильність росту; внаслідок обдирання, удару чи пошкодження кори вогнем
	Завилькуватість – звивисте чи безладне розміщення волокон	
	Завиток – місцеве викривлення волокон	
	Крен – ненормальний підсилений розвиток пізньої зони деревини; притаманний похилим деревам.	
	Засмолок – ділянка деревини, густо просочена смолою	
	Прорість – омертвіла ділянка деревини чи кори, яка заросла в стовбурі дерева	
	Сухобокість – зовнішнє одностороннє омертвіння стовбура	
Вади форми стовбура	Збіжистість – це вада, при якій діаметр стовбура зменшується більше як на 1 см на кожному метрі висоти стовбура	
	Закомелістість – різке збільшення діаметра нижньої частини стовбура	
	Овальність – це форма поперечного перерізу торця круглого лісоматеріалу	
	Кривизна – викривлення стовбура дерева за довжиною	

1.5. Вивчення мікроструктури деревини

Мікроструктуру деревини вивчають під мікроскопом. Необхідно на спеціально підготовлених зразках, які є тонкими зрізами різних порід деревини роздивитися особливості мікроструктури і занести рисунки до своїх конспектів.

Контрольні запитання

1. Які позитивні властивості має деревина як будівельний матеріал?
4. Як можна визначити відсоток пізньої деревини?
5. Як визначити розрахункову міцність деревини залежно від вмісту пізньої деревини?
6. Як визначити вологість деревини?
7. Як визначити середню густину деревини?
8. Які існують види і групи вад деревини?

Лабораторна робота № 4

Керамічні матеріали і вироби

Керамічними матеріалами називають такі, які одержують з глиняних мас шляхом формування, сушки і випалювання.

Істинна густина керамічних матеріалів дорівнює $2,5-2,7 \text{ г/см}^3$; середня густина – $2000-2300 \text{ кг/м}^3$; теплопровідність абсолютно щільного черепка становить $1,16 \text{ Вт/м}\cdot^\circ\text{C}$. Межа міцності при стиску керамічних виробів коливається в інтервалі від 0,05 до 1000 МПа. Водопоглинання залежно від пористості, змінюється від 0 до 70%. Керамічні матеріали мають марки з морозостійкості 10; 25; 35; 50; 75 и 100.

За призначенням вироби з кераміки поділяють на:

- стінові вироби (цегла керамічна звичайна, цегла пустотіла, пористо-пустотіла, легка, пустотілі камені, блоки й плити, великорозмірні блоки й панелі із цегли й керамічних каменів;
- оздоблювальні вироби (для зовнішнього й внутрішнього облицювання конструкцій будинків і споруд з метою декоративно-художньої обробки, а також підвищення їхньої довговічності);
- керамічні вироби для покрівлі (черепиця) й перекриттів;
- сантехнічні вироби;
- теплоізоляційні матеріали (керамзит, аглопорит тощо);
- вогнетриви;
- кислотостійка кераміка;
- труби.

Мета роботи – визначити відповідність звичайної глиняної цегли за зовнішнім виглядом вимогам стандартів і встановити марку цегли за міцністю.

Для проведення випробувань керамічної цегли і керамічних каменів зразки відбирають методом випадкового відбору з різних місць партії у кількості:

- для партії 10 000-35 000 шт. – 80;
- для партії більше 35 000 шт. – 125.

Для проведення конкретних випробувань кількість зразків, які треба вибрати з проби, складає, шт.:

- розміри і правильність форми 24;
- присутність вапняних включень 5;
- маса, густина, водопоглинання 3;
- морозостійкість 5 (за втратою маси);
20 (за втратою міцності);
- границя міцності при стиску 10;
при вигині 5.

1. Визначення якості цегли за зовнішніми ознаками

Розміри виробів, геометричні параметри пустот і розміри дефектів визначають з похибкою 1 мм металічною лінійкою.

Граничні відхилення від номінальних розмірів (мм) не повинні перевищувати:

- за довжиною – ± 5 ;
- за довжиною – ± 4 ;
- за товщиною: для цегли – ± 3 ; для каменів – ± 4 .

На виробках не повинні бути дефекти зовнішнього вигляду, розміри і кількість яких перевищують вказані у ДСТУ.

Результати вимірів заносять до табл. 1.

Таблиця 1 – Показники зовнішнього вигляду цегли

№ п/п	Найменування показників, од. виміру	Вимоги ДСТУ	Результати вимірювання
1	2	3	4
1	Відхил від розмірів, мм за довжиною за шириною за товщиною	5 4 3	
2	Кривизна ребер цегли, мм, не більше по постелі по ложку	3 4	

1	2	3	4
3	Відбитість кутів глибиною 10-15 мм	2 шт.	
4	Відбитість і затупленість ребер, які не доходять до пустот, глибиною більше 5 мм, довжиною по ребру 10-15 мм	2 шт.	
5	Наскрізні тріщини, довжиною до 30 мм	1 шт.	
6	Ступінь випалу	норма	
7	Вапнякові включення	нема	

2. Визначення марки цегли керамічної за міцністю

2.1. Визначення межі міцності при стиску

Марку цегли і каменів за міцністю встановлюють за результатами їх випробувань на міцність при стиску й вигині.

Межу міцності при стиску цегли визначають на зразках із двох цілих цеглин або з двох половинок. Цеглу ділять на половинки розпилюванням. Половинки кладуть одна на одну поверхнями розтину в протилежні сторони, скріплюють цементним розчином, а їх опорні поверхні вирівнюють розчином такого складу: цемент марки не нижче 400 – 1 мас. ч.; пісок крупністю не більше 1,25 мм – 1 мас. ч.; В/Ц – 0,40...0,42.

Зразки вимірюють з похибкою до 1 мм для розрахунку їх площі перерізу.

Для проведення випробувань використовують прес з максимальним зусиллям 1000 кН (100 т). Схема випробування наведена на рис. 1.

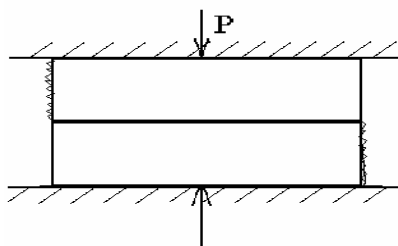


Рис. 1 – Схема випробування керамічної цегли на стиск

Межу міцності при стиску R (МПа) зразка знаходять за формулою

$$R = \frac{P}{S}, \quad (1)$$

де P – максимальне навантаження, кг;

S – площа перерізу зразка, см^2 .

Марку встановлюють за середнім значенням міцності з урахуванням мінімального значення. Результати випробувань заносять до табл. 2.

Таблиця 2 – Результати випробувань цегли на стиск

№ п/п	Найменування показників, од. виміру	Позначення показника	Значення
Назва матеріалу			
1	Розміри зразка, см		
	довжина	l	
	ширина	b	
2	Площа перерізу, см^2	S	
3	Руйнівна сила, Н (кг)	P	
4	Межа міцності при стиску, кг/см^2 , МПа	R	

2.2. Визначення межі міцності при вигині

Межу міцності при вигині визначають за схемою балки, що вільно лежить на двох опорах і до якої в середині прольоту прикладається навантаження. Відстань між опорами прийнята 20 см. Згідно з цим на грані цегли наносять із цементного розчину три смужки шириною 2-3 см кожна: одну – посередині верхньої грані, дві – по краях протилежної грані на відстані 20 см.

Перед випробуванням вимірюють ширину і товщину цегли в середині прольоту. Випробування проводять на 5-тонному гідравлічному пресі. Схема випробування керамічної цегли на вигин наведена на рис. 2.

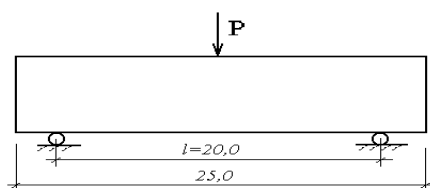


Рис. 2 – Схема випробування керамічної цегли на вигин

Межу міцності при вигині розраховують за формулою

$$R_{\text{виг}} = \frac{3Pl}{2bh^2}, \text{ кг/см}^2 \text{ (МПа)}, \quad (2)$$

де P – руйнівне навантаження, кг;

l – довжина прольоту між опорами, см;

b – ширина цегли, см;

h – висота (товщина) цегли, см.

Результати випробування записують до табл. 3.

Таблиця 3 – Результати випробувань цегли на вигин

№ п/п	Найменування показників, од. виміру	Позначення показника	Значення
Назва матеріалу			
1	Розміри зразка, см		
	ширина	b	
	висота	h	
2	Відстань між опорами, см;	l	
3	Руйнівна сила, кг	P	
4	Межа міцності при вигині, кг/см ² (МПа)	$R_{\text{виг}}$	

Контрольні запитання

1. Що називають керамічними матеріалами?
2. Основні властивості керамічної цегли.
3. Як встановлюють марку цегли за міцністю?
4. Які є марки цегли за морозостійкістю?
5. Які вимоги стандартів до якості цегли за зовнішніми ознаками?
6. На які групи поділяють цеглу за теплотехнічними властивостями?

Лабораторна робота № 5

Випробування цементу

Неорганічними в'язучими матеріалами називають такі, які при змішуванні з водою або розчинами солей утворюють пластичне тісто, здатне внаслідок фізико-хімічних процесів тверднути й переходити в каменеподібний стан. Залежно від умов твердіння їх поділяють на повітряні, гідравлічні й в'язучі автоклавного твердіння.

Повітряні в'язучі матеріали можуть тверднути й набирати міцність тільки у повітряно-сухих умовах. До них належать гіпсо-ангідритові в'язучі речовини, повітряне вапно та його різновиди, магнезіальні в'язучі речовини і розчинне скло.

Гідравлічні в'язучі матеріали тверднуть і зберігають міцність як у повітряно-сухих умовах так і у воді. До них належать гідравлічне вапно, романцемент; портландцемент та його різновиди.

В'язучі матеріали автоклавного твердіння здатні тверднути й утворювати міцний камінь в умовах підвищених температур, тиску і вологості. До таких в'язучих речовин належать вапняно-кремнеземисті, вапняно-шлакові й вапняно-зольні.

Портландцемент – гідравлічна в'язуча речовина, яку виготовляють спільним тонким подрібненням цементного клінкеру з 3-5% гіпсу. Клінкер є продуктом випалу до спікання (при $T = 1450\text{ }^{\circ}\text{C}$) тонко подрібненої суміші, що складається з 75% вапняку і 25% глини.

Цементи відрізняються один від одного хімічним і мінеральним складом, міцністю, строками тужавіння і класифікуються за такими ознаками:

- за міцністю:

- а) високоміцні – марки 500-600 і вище;
- б) підвищеної міцності – марка 500;
- в) рядові – марки 300-400;
- г) низькомарочні – нижче марки 300.

- за швидкістю тужавіння:

- а) швидкотужавіючі з початком тужавіння до 45 хв;
- б) середньотужавіючі з початком тужавіння не більше 90 хв;
- в) повільнотужавіючі з початком тужавіння більше 90 хв.

- за строками твердіння:

- а) звичайні з нормуванням міцності у віці 28 діб;
- б) швидкотвердіючі з нормуванням міцності у віці 3, 7 і 28 діб;
- в) особливо швидкотвердіючі з нормуванням міцності у віці 1 доби і менше.

Відповідно до стандартів властивості найбільш розповсюджених цементів повинні відповідати вимогам, наведеним у табл. 1.

Таблиця 1 – Марки цементів за міцністю

Види цементів	Марка цементу	Межа міцності при стиску в МПа (кг/см ²) у віці не менше		Межа міцності при вигині, МПа (кг/см ²) у віці не менше	
		3 доби	28 діб	3 доби	28 діб
Портландцемент	300	–	29,4 (300)	–	4,4 (45)
Портландцемент з АМД	400, 500	–	39,2 (400) 49 (500)	–	5,4 (55) 5,9 (60)
Шлакопортландцемент	550, 600	–	53,9 (550) 58,8 (600)	–	6,1 (62) 6,4 (65)
Швидкотвердіючий портландцемент	400, 500	24,5 (250) 27,5 (280)	39,2 (400) 49,0 (500)	3,9 (40) 4,4 (45)	5,4 (55) 5,9 (60)
Швидкотвердіючий шлакопортландцемент	400	19,6 (200)	39,2 (400)	3,4 (35)	5,4 (55)

1. Визначення тонкості помелу цементу

Тонкість помелу визначають шляхом ручного просіювання цементу крізь сито № 008.

Пробу цементу висушують у сушильній шафі при температурі 105-110 °С протягом 2 год., після чого охолоджують в ексікаторі.

Для проведення експерименту беруть наважку цементу в кількості 50 г і висипають на сито. Через 5-7 хв. просіювання треба прочищати сітку м'якою

щіткою. Просіювання вважається закінченим, коли за 1 хв. крізь сито проходить не більше 0,05 г цементу.

Тонкість помелу цементу визначають як залишок на ситі з сіткою № 008 у відсотках по відношенню до початкової маси наважки. Крізь сито повинно проходити не менше 85%. Результати визначення записують у наступній послідовності:

- вихідна наважка цементу – 50 г;
- залишок цементу на ситі, г;
- залишок на ситі, %.

Висновок – порівняння з вимогами ДСТУ.

2. Визначення водопотреби цементу

Визначають на приладі Віка з пестиком Тетмайєра (діаметр якого 10 мм, вага – 300 г) (рис. 3).

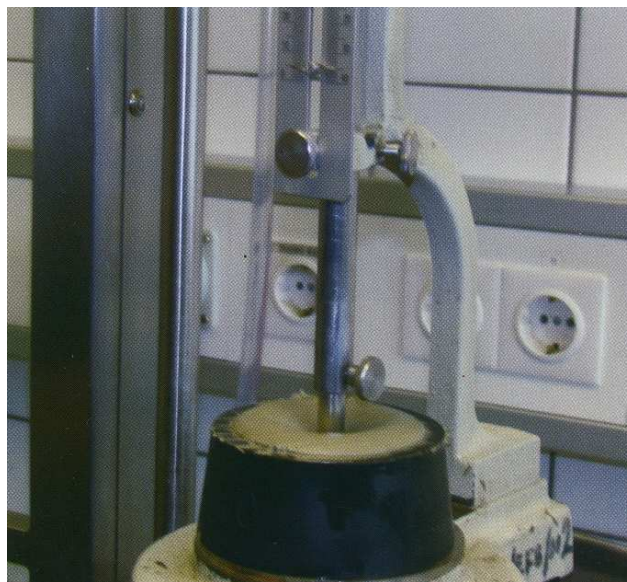


Рис. 3 – Визначення водопотреби цементного тіста

Дослід проводять у такій послідовності: наважку цементу 400 г перемішують з водою у металевій чаші протягом 30 с, а потім розтирають 5 хв. Готовим цементним тістом заповнюють кільце приладу Віка і струшують. Залишок тіста зрізають ножом. Пестик доводять до поверхні тіста і за допомогою гвинта надають

пестикую можливість довільно занурюватися у тісто під дією своєї ваги протягом 30 с.

За водопотребу приймають стандартну консистенцію цементного тіста такого стану, коли пестик приладу Віка не досягне дна кільця на 5-7 мм. Водопотреба характеризує вміст води в цементному тісті. Спробу роблять кілька разів, поки не досягнуть потрібного результату. Результати дослідів доцільно подавати у вигляді табл. 2.

Таблиця 2 – Результати дослідів цементу на водопотребу

Найменування показників	Номер досліду			
	1	2	3	4
Кількість цементу, г				
Кількість води, мл				
Кількість води, %				
Пестик не дійшов до дна, мм				
Водотреба				

3. Визначення строків тужавіння

Строки тужавіння – це час, протягом якого цементне тісто втрачає свою пластичність. Розрізняють умовний початок тужавіння (початок втрати пластичності) і кінець тужавіння (повна втрата пластичності). Строки тужавіння згідно із стандартом визначають за зануренням голки приладу Віка в цементне тісто нормальної густини. Початок тужавіння – це час від початку змішування до моменту, коли голка не доходить до дна на 1-2 мм. Голку занурюють кожні 5 хв. Кінець тужавіння визначається в момент, коли голка занурюється в тісто не більше як на 1-2 мм.

Строки тужавіння цементного тіста треба знати при виборі технологічних режимів приготування розчинів або бетонів.

Результати дослідів записують у такій послідовності:

- кількість цементу, г – 400 г;
- кількість води, мл –
- час змішування цементу з водою –

- час, коли голка приладу не дійшла на 1-2 мм до пластини —
- час, коли голка приладу занурилася в цементне тісто не глибше 1 мм —
- початок тужавіння, хв. —
- кінець тужавіння, хв. —

Висновок:

4. Визначення марки цементу за міцністю

Активність і марка цементу характеризуються його механічною міцністю, встановлюваною за межею міцності при стиску, половинок зразків-балочок розміром $40 \times 40 \times 160$ мм. Зразки попередньо випробують на вигин. Їх виготовляють з цементно-піщаної розчинної суміші складу 1 : 3 (за масою) при В/Ц = 0,4 на нормальному однофракційному природному кварцовому піску.

4.1. Визначення нормальної консистенції цементного розчину

Нормальна консистенція цементного розчину характеризується водоцементним відношенням. При оцінці консистенції цементного розчину використовують струшуючий столик (рис. 4).



Рис. 4 – Струшуючий столик

Для досліду треба взяти 500 г цементу і 1500 г піску. Суміш перемішують у металевій півсфері, потім додають 200 г води (В/Ц більше або дорівнює 0,4) і знову перемішують 1 хв. вручну і 2,5 хв. у лабораторному змішувачі зі швидкістю обертання 8 об./хв. Перемішаним розчином заповнюють конус струшуючого столика. Нижній шар ущільнюють пестиком 15 разів, а верхній – 10 разів. Поверхню розчину розрівнюють, а конус знімають у вертикальному напрямку. Розчин струшують 30 разів протягом 30 с і заміряють діаметр розпливу конусу.

Консистенція цементного розчину вдовольняє ДСТУ, коли розплив знаходиться в межах 106-115 мм. Визначення нормальної консистенції проводять методом підбору, кожен раз змінюючи кількість води. Результати заносять до табл. 3.

Таблиця 3 – Результати випробувань нормальної консистенції цементного розчину

Найменування показників	Номер досліду			
	1	2	3	4
Кількість цементу, г				
Кількість води, мл				
Кількість води, %				
Діаметр розпливу, мм				
Нормальна консистенція, В/Ц, %				

4.2. Виготовлення зразків-балочок

Для випробувань цементу на міцність виготовляють три стандартні балочки з розчину нормальної консистенції. Підготовлені форми заповнюють розчином і вібрують протягом трьох хвилин для кращого ущільнення. Зразки у формі зберігають 24 ± 2 год. на повітрі, а потім виймають з форми і витримують у ванні з водою ще 27 діб. Воду замінюють через 14 діб, температура води повинна дорівнювати 20 ± 2 °С. Перед випробуванням зразки виймають з води і підсушують.

4.3. Визначення марки цементу за міцністю

Марка цементу характеризується його активністю (межа міцності при стиску) з урахуванням межі міцності при вигині стандартних зразків у віці 28 діб.

Для випробувань використовують машину МП-100 і гідравлічний прес ПЛГ-10. Після випробування на вигин на машині МП-100 отримані шість половинок балочок випробують на стиск. Кожну половинку балочки розміщують між двома металевими пластинами, площа яких дорівнює 25 см^2 .

Результати випробувань записують у табл. 4.

Таблиця 4 – Результати випробувань цементу на марку за міцністю

№ п/п	Розміри зразка		Випробування на вигин		Випробування на стиск		
	Ширина, см	Висота, см	Відстань між опорами, см	Межа міцності, кг/см^2 (МПа)	Площа перерізу, см^2	Руйнуюча сила, кг	Межа міцності, кг/см^2 (МПа)
1							
2							
3							

Контрольні запитання

1. Які в'язучі називають повітряними?
2. Які в'язучі називають гідравлічними?
3. Як визначити водопотребу цементного тіста?
4. Навіщо визначають строки тужавіння?
5. Що таке марка цементу?
6. Що таке активність цементу?

Лабораторна робота № 6

Проектування складу важкого бетону

Бетоном називають штучний камінь, який одержують в наслідок затвердіння раціонально підібраної суміші, що складається з в'язучої речовини, крупного та дрібного заповнювачів, води та деяких добавок. До затвердіння таку суміш називають **бетонною сумішшю**. Для того, щоб бетон мав всі необхідні властивості, треба ретельно підібрати вихідні компоненти і їх співвідношення.

При проектуванні бетонних і залізобетонних конструкцій призначають необхідні характеристики бетону, такі як клас (марку) за міцністю, марку за морозостійкістю і водонепроникністю. За проектну *марку бетону* за міцністю при стиску приймають величину, яка відповідає опору стиску (МПа) зразків-кубів з ребром 15 см, віком 28 діб.

Клас бетону – це числова характеристика будь-якої його властивості, що приймається з гарантованою забезпеченістю 0,95.

За міцністю бетони поділяють на такі класи: B1; B2; B2,5; B3,5; B7,5; B10; B12,5; B15; B20; B25; B30; B40; B45; B50; B55; B60. За морозостійкістю важкі бетони поділяють на такі марки: F50, F75, F100, F150, F200, F300, F400, F500, F600, F800, F1000 (проектну марку призначають за умовами експлуатації). Для конструкцій від яких вимагають непроникності встановлені марки з водонепроникності: W2, W4, W6, W8, W10, W12.

Бетонну суміш відносять до структурованих систем, тому що до їх складу входить цементне тісто. Для виконання бетонних робіт необхідно, щоб бетонна суміш мала необхідну консистенцію, відповідну до умов її укладання. Мірою консистенції є так звана легкоукладальність – здатність бетонної суміші заповнювати форму чи опалубку з найменшими затратами зовнішньої енергії. Звичайно консистенцію бетонної суміші оцінюють показником рухливості (см), або жорсткості бетонної суміші (с). Мірою рухливості є величина осадки суміші, яку визначають за допомогою стандартного конуса. Якщо суміш після зняття конуса не осідає, тобто ОК = 0 см, то використовують прилад для визначення жорсткості.

Існує багато методів підбору складу бетону, але в основу кожного покладено принцип «абсолютних об'ємів». Суть принципу полягає в припущенні, що сума об'ємів компонентів бетону в абсолютно ущільненому стані становить 1 м³, що записується як наступне рівняння

$$\frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{П}{\rho_{п}} + \frac{Щ}{\rho_{щ}} + \frac{В}{\rho_{в}} = 1 \text{ м}^3, \quad (1)$$

де Ц, П, Щ, В – витрати відповідно цементу, піску, щебеню, води, кг на 1 м³ бетонної суміші;

$\rho_{ц}, \rho_{п}, \rho_{щ}, \rho_{в}$ – істинна густина цих компонентів, кг/м³.

Порядок розрахунку

Розрахунок складу важкого звичайного цементного бетону ведуть на 1 м³ бетонної суміші. Витрати компонентів визначають за масою, всі характеристики компонентів та вихідні дані беруть з проектної документації. Вихідні дані для проведення розрахунків наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Вихідні дані

№ п/п	Найменування показників, одиниця вимірювання	Позначення показника	Значення
1	Клас бетону, МПа	В	
2	Легкоукладальність суміші, см	ОК	
3	Властивості в'язучого: - активність цементу - істинна густина, кг/м ³ - насипна густина, кг/м ³	$R_{ц}$ $\rho_{ц}$ $\rho_{н.ц.}$	
4	Властивості дрібного заповнювача: - модуль крупності піску - істинна густина піску, кг/м ³ - насипна густина піску, кг/м ³ - вологість піску, %	$M_{к}$ $\rho_{п}$ $\rho_{н.п.}$ $W_{п}$	
5	Властивості крупного заповнювача: - крупність зерна, мм - істинна густина, кг/м ³ - насипна густина, кг/м ³ - вологість, %	$\rho_{к}$ $\rho_{н.к.}$ $W_{к}$	
6	Об'єм бетонозмішувача, м ³	$V_{б}$	

При статистичному контролі якості бетону його склад проектується за міцністю R_6^T :

$$R_6^T = \frac{1,28 \times B \times K_T}{100}, \quad (2)$$

де K_T – коефіцієнт потрібної міцності, береться $K_T = 100$.

Витрати води (B) визначають орієнтовно за табл. 2 або за графіком проф. Міронова, складеному за експериментальними даними, залежно від заданої легкоукладальності бетонної суміші і крупності зерен крупного заповнювача (Щ).

Таблиця 2 – Водопотреба бетонної суміші

Характеристика бетонної суміші		Витрати води, л/м ³ при найбільшій крупності щебеню, 1 мм		
Осадка конуса, см	Жорсткість, с	10	20	40
	40-50	160	150	135
	15-20	175	165	150
2-4	—	200	190	175
5-7	—	210	200	185
8-10	—	215	205	190
10-12	—	225	215	200
12-16	—	230	220	207

Примітки: **1)** витрати води для суміші на портландцементі з НГЦТ 26-28% і на піску з $M_{кр} = 2,5$; **2)** при зміні НГЦТ на кожний процент витрати води змінюються на 3-5 л/м³; **3)** при зміні модуля крупності піску на кожні 0,5 в меншу або більшу сторону витрати води відповідно зменшуються або збільшуються на 3-5 л.

Витрати цементу знаходять з цементно-водного відношення при вже відомій кількості води:

$$Ц = B_{од}(Ц/B_{од}), \quad (3)$$

де $B_{од}$ – витрати води, л;

$Ц/B_{од}$ – цементно-водне відношення, визначають за формулою міцності бетону Соломея-Скрамтаєва (3), (4):

$$R_6^T = R_{\text{ц}} A (\text{Ц/В} - 0,5) \text{ при } \text{Ц/В} < 2,5; \quad (4)$$

$$R_6^T = R_{\text{ц}} A_1 (\text{Ц/В} + 0,5) \text{ при } \text{Ц/В} > 2,5, \quad (5)$$

де R_6^T – необхідна міцність бетону у віці 28 діб, МПа;

$R_{\text{ц}}$ – активність цементу, МПа;

A, A_1 – коефіцієнти, що залежать від якості складових матеріалів (визначають за табл. 3).

Таблиця 3 – Коефіцієнти якості заповнювачів

Характеристика матеріалів	A	A ₁
Високоякісні	0,65	0,43
Звичайні	0,60	0,40
Низької якості	0,55	0,37

Витрату крупного заповнювача знаходять відповідно до логічної залежності

$$\text{Щ} = \frac{1000}{\frac{V_{\text{пуст}} \times K_{\text{разд}}}{\rho_{\text{н.щ.}}} + \frac{1}{\rho_{\text{щ}}}}, \quad (6)$$

де $V_{\text{пуст}}$ – відносний об'єм пустот (пустотність) крупного заповнювача;

$K_{\text{разд}}$ – коефіцієнт розсування зерен щебеню (визначають за табл. 4) залежно від витрати цементу і В/Ц.

Таблиця 4 – Коефіцієнт розсування

Витрати цементу, кг/м ³	K _{разд} , при В/Ц				
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
250	–	–	–	1,26	1,32
300	–	–	1,30	1,36	1,42
350	–	1,32	1,38	1,44	–
400	1,31	1,40	1,46	–	–
500	1,52	1,56	–	–	–

Витрату піску визначають з рівняння принципу абсолютних об'ємів:

$$\Pi = \left[1000 - \frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{ц}}} - \text{В} - \frac{\text{Щ}}{\rho_{\text{щ}}} \right] \times \rho_{\text{п.}} \quad (7)$$

Сума отриманих значень (Ц, П, Щ, В) буде розрахунковою густиною бетонної суміші:

$$\rho_{об} = (Ц + П + Щ + В), \text{ кг/м}^3. \quad (8)$$

Склад бетону можна представити і у відносних одиницях:

$$1 : В/Ц : П/Ц : Щ/Ц.$$

Уточнення розрахунків складу бетону

Оскільки розрахунки проводили за емпіричними формулами, необхідно перевірити рухливість і міцність бетону за допомогою пробних замісів (об'єм 10 л).

За рухливістю бетонної суміші коригують витрати води при збереженні водоцементного відношення.

Для перевірки відповідності фактичної міцності бетону необхідний з пробного замісу виготовляють три стандартних зразки-куби з ребром 15 см і випробують їх відповідно до ДСТУ.

Розрахунок виробничого складу бетону

У зв'язку з тим, що заповнювачі в реальних умовах зберігаються просто неба, вони мають вологість, яку треба враховувати при розрахунках кількості води замішування. Тому при визначенні виробничого складу бетону розраховують кількість води, яку містять заповнювачі:

$$B_{щ} = W_{щ} \times Щ/100; \quad (9)$$

$$B_{п} = W_{п} \times П/100, \quad (10)$$

де $W_{щ}$, $W_{п}$ – вологість щебеню і піску, %.

Кількість води замішування треба зменшити на величину кількості води у заповнювачах:

$$B_{вз} = B - (B_{щ} + B_{п}). \quad (11)$$

Відповідно збільшуються витрати заповнювачів.

Розрахунок витрати вихідних матеріалів на заміс бетонозмішувача

При заповненні бетонозмішувача вихідними матеріалами сума сипких об'ємів твердих складових бетонної суміші дорівнює об'єму барабану змішувача:

$$V_{\text{бз}} = V_{\text{ц}} + V_{\text{п}} + V_{\text{щ}}. \quad (12)$$

При перемішуванні об'єм суміші зменшується шляхом заповнення міжзернових пустот. Відношення об'єму бетонозмішувача до суми об'ємів вихідних компонентів у сипкому стані називається коефіцієнтом виходу бетону, який характеризує ефективність роботи бетонозмішувача:

$$\beta = \frac{1}{V_{\text{ц}} + V_{\text{п}} + V_{\text{щ}}} = \frac{1}{\frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{онц}}} + \frac{\text{П}}{\rho_{\text{онп}}} + \frac{\text{Щ}}{\rho_{\text{онщ}}}} = 0,55 - 0,75. \quad (13)$$

Таким чином, об'єм бетону з одного бетонозмішувача можна визначити за формулою

$$V_{\text{б}} = \beta \times V_{\text{бз}}. \quad (14)$$

Витрати вихідних матеріалів на один заміс бетонозмішувача визначають за наступними формулами:

$$\text{Ц} = \frac{\beta \times V_{\text{бз}}}{1000} \times \text{Ц}; \quad (15)$$

$$\text{П} = \frac{\beta \times V_{\text{бз}}}{1000} \times \text{П}; \quad (16)$$

$$\text{Щ} = \frac{\beta \times V_{\text{бз}}}{1000} \times \text{Щ}; \quad (17)$$

$$\text{В} = \frac{\beta \times V_{\text{бз}}}{1000} \times \text{В}, \quad (18)$$

де Ц, П, Щ, В – витрати вихідних матеріалів на 1 м³ бетону.

Контрольні запитання

1. Дати визначення бетону.
2. Навести класифікацію бетонів.
3. Навести послідовність розрахунку складу бетону.
4. Що таке марка і клас бетону?
5. Як визначають рухливість бетонної суміші?
6. У чому різниця між лабораторним й виробничим складом бетону.

Лабораторна робота № 7

Визначення технічних характеристик нафтових бітумів і рулонних матеріалів на їх основі

Бітумні в'язучі речовини належать до органічних в'язучих матеріалів, які є сумішами високомолекулярних вуглеводнів та їхніх неметалевих похідних, що змінюють свої фізико-механічні властивості залежно від температури. Вони здатні розм'якшуватися при нагріванні й відновлювати свою первісну в'язкість при охолодженні. Ці речовини добре зчіплюються з поверхнею каменю, піску, бетонів, цегли та багатьох інших твердих матеріалів, мають підвищену водонепроникність, пластичність і стійкість проти атмосферних впливів.

За технологічними особливостями виготовлення матеріали на основі бітумів підрозділяють на листові й рулонні, емульсії й мастики, розчини й бетони. За призначенням бітумні матеріали бувають шляховими, гідроізоляційними, герметизуючими, покрівельними, теплоізоляційними й антикорозійними. У ряді випадків для них характерне поліфункціональне призначення. Вони одночасно можуть служити гідроізоляційними й покрівельними або антикорозійними, гідро- і теплоізоляційними.

Основними показниками якості бітумів є в'язкість (твердість), деформативність і теплостійкість. За цими показниками бітуми поділяють на марки. За необхідністю визначають також інші властивості бітумів – температуру спалаху, крихкість, розчинність тощо.

Основними характеристиками бітумних матеріалів, за якими визначають їхню марку є в'язкість (твердість), розтяжність (дуктильність) і температура розм'якшення.

1. Визначення технічних характеристик нафтових бітумів

1.1. Визначення в'язкості (твердості) бітумів

Для напівтвердих і твердих бітумів в'язкість (твердість) визначається на *пенетрометрі*. В'язкість (твердість) оцінюють за глибиною занурення голки про-

тягом 5 сек. у спеціально підготовлений зразок бітуму при $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Дослід повторюють не менше 3 разів, кожен раз голку занурюють у інше місце на відстані не менш ніж 10 мм від попереднього. Результат випробування записують у градусах пенетрації (1 градус відповідає 0,1 мм).

Схему пенетрометра замальовують в журналі лабораторних робіт.

Данні випробувань заносять до табл. 1.

Таблиця 1 – Результати випробувань в'язкості (твердості) бітуму

№ п/п	Глибина занурення голки при 25 °С	Середній показник
1		
2		
3		

1.2. Визначення розтягуваності (пластичності) бітумів

Пластичність бітумів пов'язана з їхньою розтягуваністю, яка оцінюється за видовженням зразку бітуму у вигляді «вісімки» на приладі *дуктилометрі*.

Показником розтягуваності бітуму є значення деформації шийки зразка в момент розриву, виражене в сантиметрах. Це випробування виконують при швидкості розтягування 5 см/хв. і температурі 25 °С. Випробування повторюють 3 рази. Дані заносять до табл. 2.

Таблиця 2 – Результати випробувань розтягуваності бітуму

№ п/п	Початковий показник приладу, см	Кінцевий показник приладу, см	Різниця показників, см
1			
2			
3			

Схему дуктилометру зарисовують в лабораторному журналі.

1.3. Визначення температури розм'якшення бітумів

Температура розм'якшення характеризує верхню температурну границю застосування бітуму й дає можливість порівняти відносну теплостійкість. Вона

визначається на приладі «кільце і куля», що складається з двох металевих дисків, розташованих на відстані 25,4 мм. Верхній диск має чотири отвори, в яких встановлені латунні кільця. Кільця перед цим заповнюють розплавленим бітумом і після охолодження у центр кладуть сталю кульку масою 3,45-3,55 г. Термометр установлюють по осі на рівні зразка. Прилад розміщують у термостійкому стакані, який заповнюють водою, або іншою рідиною, так, щоб зразок бітуму був повністю занурений. Стакан нагрівають на вогні. Температуру, при якій деформований бітум під дією маси кульки доторкнеться до нижнього диска, приймають за температуру розм'якшення. Результати трьох визначень заносять до табл. 3.

1.4. Визначення марки бітуму

Позначення марки бітуму складається з літер, які пов'язані з його призначенням. Наприклад: БНК-90/30 – бітум нафтовий покрівельний та цифр, перша з яких відповідає температурі розм'якшення, а друга пенетрації.

Таблиця 3 – Визначення марки бітуму

№ п/п	Глибина занурення голки при 25 °С, мм	Температура розм'якшення, °С	Розтягуваність, см	Марка бітуму

Марку бітуму визначають за результатами випробувань, які заносять до табл. 3 з використанням табл. 4.

Таблиця 4 – Марки бітуму

Показники	Марки будівельних бітумів			Марки покрівельних бітумів		
	БН-50/50	БН-70/30	БН-90/10	БНК-45/180	БНК-90/40	БНК-90/30
1	2	3	4	5	6	7
Глибина занурення голки при температурі 25 °С, град	41-60	21-40	5-20	140-220	35-45	23-35
Розтягуваність при 25 °С, не менше	40	3	1	–	–	–

1	2	3	4	5	6	7
Температура розм'якшування, °С	50	70	90	40-50	85-95	85-95
Температура спалаху °С, не нижче	220	230	240	240	240	240

2. Визначення технічних характеристик рулонних покрівельних матеріалів на основі бітуму

Рулонні покрівельні матеріали за структурою полотна поділяють на основні і безосновні. Як основу рулонного матеріалу застосовують покрівельний картон, склотканини, фольгу, тканини на основі поліефірних волокон, окисовані, модифіковані еластomers і пластomers, асбестовий папір.

З застосуванням нафтових бітумів виробляють: руберойд, наплавний руберойд, пергамін, склоруберойд, гідросклоізол, фольгоізол, гідроізол, ізол, монобітен, лінкором, уніфлекс тощо. Рулонні покрівельні матеріали виготовляють із захисним шаром у вигляді посипки. Посипка буває крупнозерниста, дрібнозерниста, лускоподібна, пиловата. Технічні вимоги до рулонних покрівельних матеріалів наведені в табл. 5.

Таблиця 5 – Технічні вимоги до рулонних покрівельних матеріалів

Назва матеріалу	Марка	Назва показника			
		Розривне зусилля при розтягуванні, кг, не менше	Гнучкість, мм	Водонепроникність, не менше	
				Тиск	Час випробування, хв.
1	2	3	4	5	6
Руберойд покрівельний з крупнозернистою посипкою	РКК-А420	333 (34)	15	0,7	10
	РКК-420Б	333 (34)	15	0,7	10
	РКК-350Б	333 (34)	15	0,7	10
Руберойд покрівельний з лускоподібною посипкою	РКЧ-350Б	313 (32)	15	Не норм.	Не норм.
Руберойд покрівельний з пиловатою посипкою	РКП-350А		15		10
	РКП-350Б		15		10

Продовження табл. 5

1	2	3	4	5	6
Руберойд підкладочний з пилюватою посипкою	РПП-300А РПП-300Б		10		10
			10		10
			10		10
Руберойд підкладочний з пилюватою підсипкою еластичний	РПЕ-300		20		10
Гідроізол гідроізоляційний	ГИ-Г		30		10
Гідроізол покрівельний	ГИ-К		—	—	—
Ізол без полімерних домішок	И-БД		—	—	—
Ізол з полімерними домішками	И-ПД				

Літери у позначенні марок рулонних покрівельних матеріалів означають перші літери російських слів які використані в назвах матеріалу. Наприклад: руберойд РКК-420А. Р – руберойд; К – перша літера російського слова кровельный (покрівельний); П – перша буква російського слова пылевидная (пилювата). Число та літера після перших трьох літер позначають марку картону.

Для визначення технічних характеристик беруть 1% зразків від партії (1000 рулонів) і не менше двох рулонів. З кожного рулону на відстані не менше 1 м від його початку відрізають смужки по 1,5 м завширшки з яких виготовляють зразки потрібних розмірів і в кількості, потрібній для кожного випробування.

Перед початком випробувань зразки рулонних покрівельних матеріалів витримують не менше 10 год при $T = 20 \pm 5$ °С.

2.1. Оцінка зовнішнього вигляду рулонних покрівельних матеріалів

При оцінюванні зовнішнього вигляду рулонних матеріалів звертають увагу на маркування, пакування, рівномірність розподілу посипки, наявність або відсутність злипання, дір, тріщин, розривів, складок, і роблять відповідні записи у лабораторному журналі.

2.2. Визначення розривного зусилля при розтягуванні

Для випробувань виготовляють три стрічки матеріалу в поздовжньому напрямку розміром 250×50 мм, витримують їх у воді при $T = 20 \pm 5$ °C протягом 2-х годин. Дослід проводять шляхом розтягування зразків на динамометрі до моменту розриву і визначають зусилля у кілограмах (кгс).

2.3. Визначення гнучкості рулонних будівельних матеріалів

Гнучкість визначають на 3-х зразках розміром 20×50 мм на приладі «Шкала гнучкості», який зроблений у вигляді набору стрижнів різного діаметру (20, 15, 5, 3, 1 мм). Перед початком випробування зразки витримують у воді протягом 10-15 хв. при $T = 16-20$ °C. Потім огортають з зусиллям смужкою рулонного матеріалу стрижні, починаючи з найбільшого діаметру і так до найменшого. Досліджують наявність на поверхні зразка тріщин. Результат записують як діаметр стрижня, який був попереднім перед руйнуванням шару бітуму на зразку.

2.4. Визначення водонепроникності покрівельних рулонних матеріалів

Водонепроникність рулонного матеріалу визначають як термін часу, протягом якого він не перепускає воду при постійному гідростатичному тиску.

Для випробування зразок розміром 300×300 мм згинають у формі коробу з площею грані 100×100 мм. Під короб кладуть лакмусовий папірець (це індикатор кислотності середовища). У коробку заливають воду з температурою $T = 20 \pm 2$ °C на висоту 50 мм. У воду додають трохи соляної кислоти.

Показник водонепроникності записують у хв. (год) від початку випробування до зміни кольору лакмусового папірця під коробом, якщо вода пройшла скрізь матеріал. За допомогою табл. 5 встановлюють марку покрівельного рулонного матеріалу.

Контрольні запитання

1. Який матеріал називають бітумом?
2. Які основні властивості бітумів?
3. Яка методика визначення в'язкості бітумів?
4. Як визначають температуру розм'якшення бітуму?
6. За якими показниками визначають марку бітуму?
7. Які існують різновиди рулонних покрівельних матеріалів?
8. За якими показниками визначають марку рулонного покрівельного матеріалу?

Лабораторна робота № 8

Визначення технічних характеристик лакофарбових матеріалів

Лакофарбовими називають природні чи штучні матеріали, які наносять у в'язкорідкому стані тонким шаром (60-5000 мкм) на поверхню будівельних конструкцій та деталей (бетонних, дерев'яних, металевих тощо) для утворення покриття з необхідними властивостями – захисними, декоративними, спеціальними. Загальною ознакою у всіх лакофарбових покриттів є ізоляція поверхні від зовнішніх впливів, надання їм закінченого виду, кольору, фактури.

До лакофарбових матеріалів належать:

- фарби – суспензії, що утворюють покриття необхідного кольору і містять плівкоутворюючі речовини, пігменти, розчинники, розріджувачі, наповнювачі та ін.;
- лаки – розчини плівкоутворюючих речовин в органічних розчинниках або у воді;
- емалі – суспензії пігменту або суміші пігментів з наповнювачами у лаках, що утворюють після висихання тверду плівку з блиском і різною фактурою поверхні;
- допоміжні матеріали – шпаклівки, ґрунтівки, підмазки, отверджувачі, пластифікатори тощо.

1. Основні властивості пігментів лакофарбових матеріалів

1.1. Визначення маслоємності пігменту

Маслоємність – характеризується кількістю масла, яку потрібно додати до 100 г пігменту для одержання консистенції пасти.

На технічних терезах відважують 5 г пігменту і висипають у склянку. Потім з бюретки доливають відбілене льняне масло. Масло додають спочатку до 10 крапель, потім зменшують дозу на 2-3 краплі і так далі. При цьому пігмент постійно перемішують скляною паличкою. Масло додають, доки весь пігмент у склянці буде змочений і утвориться щільна грудка.

Маслоємкість пігменту визначають за формулою

$$M = \frac{V \times \rho}{m}, \quad (1)$$

де V – об'єм витраченого масла, мл;

ρ – густина масла, г/см³;

m – маса сухого пігменту, г.

1.2. Визначення покривності пігменту

Покривність – це кількість пігменту, необхідна для повного зафарбування нанесеного раніше на поверхню шару контрастної форми. Характеризується кількістю пігменту (в г) для покриття 1 м² поверхні.

Для проведення експерименту треба взяти скляну пластинку, виміряти її розмір і зважити. Під пластинку підкладають трафарет з контрастними біло-чорними смугами. Підготовлену до малярної консистенції фарбу наносять на цю пластинку. Фарбу наносять спочатку уздовж, а потім впоперек пластинки, доки крізь неї перестануть просвічуватися контрастні смуги. Пластинку з нанесеною фарбою знову зважують. Одержані результати заносять до табл. 1.

Таблиця 1 – Результати випробувань пігменту на покривність

№ п/п	Маса нанесеної фарби, г	Площа пла- стинки S , см ²	Вміст оліфи у фарбі, %	Покривність	
				Y_m	Y_c

Розраховують покривність за формулами:

- на склад малярної консистенції

$$\Pi = \frac{m}{S}, \quad (2)$$

де m – маса нанесеної фарби малярної консистенції, г;

S – площа скляної пластинки см².

- на сухий пігмент

$$\Pi = \frac{a \times (100 - b)}{S},$$

де a – маса фарби молярної консистенції, г;

b – вміст оліфи у фарбі малярної консистенції, %;

S – площа пластинки, см^2 .

2. Основні властивості лакофарбових покриттів

2.1 Визначання твердості лакофарбового покриття

Для визначення твердості лакофарбового покриття застосовують прилади маятникового типу, секундомір і скляні пластинки розміром $9 \times 12 \text{ см}^2$.

Метод заснований на визначенні відношення часу загасання коливань маятника, встановленого на поверхні покриття, до часу загасання коливань того ж маятника, встановленого на не зафарбованій скляній поверхні. Відхилення стрілки маятника починають з позначки 5 і доводять до позначки 2. Твердість покриття знаходять за формулою:

$$T = \frac{t_1}{t_2},$$

де t_1 – час загасання коливань маятника на лакофарбовому покритті, с;

t_2 – час загасання коливань маятника на скляній поверхні, с.

Визначення твердості покриття проводять двічі. За результат приймають середнє арифметичне двох визначень. Отримані дані заносять до табл. 2.

Таблиця 2 – Результати випробувань плівки на твердість

№ п/п	Час загасання коливань		Твердість лакофарбового покриття, Т

2.2. Визначення міцності лакофарбового покриття на гнучкість

Міцність покриття на гнучкість характеризує його еластичність і здатність розтягуватися без руйнування. Покриття випробують на еластичність за допомогою шкали гнучкості, що являє собою набір сталених стрижнів різного діаметру: 20, 15, 10, 5, 3, 1 (мм).

Металеву пластинку, розміром 20×100 мм і товщиною 0,25-0,3 мм, з тонким шаром лакофарбового покриття плавно, протягом 2-3 с обертають навколо стрижнів шкали послідовно, починаючи з 20 і до 1 мм. Після кожного дослідження фіксують наявність ознак руйнування покриття за допомогою лупи.

Результатом вважають діаметр стрижня у мм, який передувє тому, на якому при обертанні покриття руйнується. Результати заносять до табл. 3.

Таблиця 3 – Результати випробувань плівки на гнучкість

Діаметр стрижня, мм	20	15	10	5	3
Стан покриття					

1.5. Визначення міцності лакофарбового покриття при ударі

Метод визначення міцності лакофарбового покриття при ударі заснований на встановленні максимальної висоти, при падінні з якої вантаж, вагою 10 Н не спричиняє руйнування покриття. Міцність покриття при ударі визначають на приладі У-2.

Для випробування беруть пластинку листової сталі завтовшки 0,5 мм, розміром 100×100 мм, яку розміщують на наковальні приладу У-2, покриттям догори. Потім натисканням спускової кнопки звільняють вантаж (10 Н), що передає ударне зусилля через бойок на пластинку. Після удару пластинку виймають і уважно розглядають місце удару через лупу. При відсутності на пластинці тріщин, відшарувань висоту падіння вантажу збільшують на 2-3 см. Випробування проводять до руйнування покриття. Результати випробування записують у табл. 4.

Таблиця 4 – Результати випробувань плівки на міцність при ударі

Висота підйому вантажу, см					
Результати удару (тріщини, відшарування)					

Контрольні запитання

1. Що називають лакофарбовими матеріалами?
2. Назвати види лакофарбових матеріалів.
3. Де застосовують лакофарбові матеріали?
4. Яке призначення мають пігменти, плівкоутворювачі, наповнювачі?
5. Які основні властивості мають лакофарбові матеріали.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Оценка качества строительных материалов: Уч. пособие / Л. Н. Попов, М. Б. Кандо, О. В. Кульков. Физико-механические испытания строительных материалов. – М.: Ассоциация строительных вузов, 2001. – 237 с.
2. Кривенко П. В., Пушкарьова К. К. та інші. – Будівельне матеріалознавство. – К., 2004.
3. Чехов А. П., Глущенко В. М. Строительные материалы. Лабораторные занятия: Уч. пособие для ВУЗов. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища школа, 1981. – 208 с.
4. Наназашвили И. Х. Строительные материалы, изделия и конструкции: Справочник. – М.: Высш. шк., 1990.
5. Горчаков В. И. Строительные материалы: Учебник для студентов ВУЗов. – М.: Высш. шк., 1981. – 412 с.
6. Микульский В. Г., Гончаров Г. Н. и др. Строительные материалы. – М.: Ассоциация строительных вузов, 1996.
7. ГОСТ 16483.18-72. Древесина. Метод определения числа годичных слоев в 1 см и содержание поздней древесины в годичном слое.
8. ГОСТ 16483.7-71 (ст. СЗВ 387-76). Древесина. Метод определения влажности.
9. ГОСТ 16483.1-84 (ст. СЗВ 388-76). Древесина. Метод определения плотности.
10. ГОСТ 8462-85. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе.
11. ГОСТ 27006-86. Бетоны. Правила подбора состава.
12. ГОСТ 4765-73. Материалы лакокрасочные. Методы определения прочности при ударе.
13. ГОСТ 6806-73. Материалы лакокрасочные. Метод определения эластичности пленки при изгибе.

14. ГОСТ 8784-75. Материалы лакокрасочные. Методы определения укрывистости.
15. ГОСТ 11506-73. Битумы нефтяные. Метод определения температуры размягчения.
16. ГОСТ 11503-74. Битумы нефтяные. Метод определения вязкости.
17. ГОСТ 11506-75. Битумы нефтяные. Метод определения растяжимости.
18. ГОСТ 11501-78. Битумы нефтяные. Метод определения глубины проникания иглы.
19. ДСТУ Б В.2.7-101-2000. Будівельні матеріали. Матеріали рулонні покрівельні та гідроізоляційні. Загальні технічні умови.

Навчальне видання

Кондращенко Олена Володимирівна
Баранова Анна Андріївна

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

Методичні вказівки
для виконання лабораторних робіт та самостійної роботи
з вивчення курсу

для студентів 1 курсу денної форми навчання освітньо-кваліфікаційного
рівня бакалавр напряму підготовки 6.060102 «Архітектура»
спеціальності «Містобудування»

Редактор М. З. Аляб'єв
Комп'ютерне верстання Г. О. Павлова

План 2010, поз. 38 М

Підп. до друку 15.02.2010 р.	Формат 60×84 1/16
Друк на ризографі.	Ум. друк. арк. 2,9
Тираж 50 пр.	Зам. №

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: ДК № 731 від 19.12.2001 р.